

file copy \*  
PAT-NO: WO000143171A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: WO 143171 A1

TITLE: METHOD FOR PRODUCING A HARD MASK

PUBN-DATE: June 14, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
GUTSCHE, MARTIN	DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
INFINEON TECHNOLOGIES AG	DE
GUTSCHE MARTIN	DE

APPL-NO: DE00004188

APPL-DATE: November 24, 2000

PRIORITY-DATA: DE19958904A (December 7, 1999)

INT-CL (IPC): H01L021/033;H01L021/308

EUR-CL (EPC): H01L021/308

ABSTRACT:

CHG DATE=20010704 STATUS=O>The invention relates to a method for producing a hard mask on a substrate (10) and, in particular, on a primary area of a semiconductor substrate. The inventive method comprises the following steps: forming a first hard mask layer (n) on the substrate (10); forming at least one additional hard mask layer (n-1) on the first hard mask layer (n); structuring the additional hard mask layer (n-1) in such a way that an area of the first hard mask layer (n) is exposed, and; structuring the first hard mask layer (n) while using the additional hard mask layer (n-1) as a mask so that an area of the substrate (10) is exposed. Additional hard mask layers (n-1, n-2, ..., 1)

can be formed on the first hard mask layer (n), which are successively structured while using at least one overlying hard mask layer as a mask, until the area of the substrate (10) is exposed.

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
14. Juni 2001 (14.06.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/43171 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H01L 21/033,  
21/308

(72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GUTSCHE, Martin  
[DE/DE]; Dammerberg 18a, 84405 Dorfen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/04188

(74) Anwalt: KOTTMANN, Dieter; Müller & Hoffmann, In-  
nere Wiener Strasse 17, 81667 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
24. November 2000 (24.11.2000)

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 58 904.6 7. Dezember 1999 (07.12.1999) DE

Veröffentlicht:

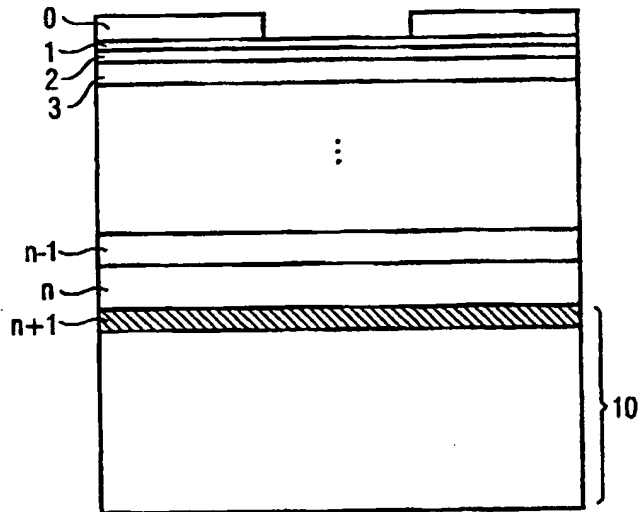
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; St.-  
Martin-Strasse 53, 81669 München (DE).

— Mit internationalem Recherchenbericht.  
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist: Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A HARD MASK

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER HARTMASKE



(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a hard mask on a substrate (10) and, in particular, on a primary area of a semiconductor substrate. The inventive method comprises the following steps: forming a first hard mask layer (n) on the substrate (10); forming at least one additional hard mask layer (n-1) on the first hard mask layer (n); structuring the additional hard mask layer (n-1) in such a way that an area of the first hard mask layer (n) is exposed, and; structuring the first hard mask layer (n) while using the additional hard mask layer (n-1) as a mask so that an area of the substrate (10) is exposed. Additional hard mask layers (n-1, n-2, ..., 1) can be formed on the first hard mask layer (n), which are successively structured while using at least one overlying hard mask layer as a mask, until the area of the substrate (10) is exposed.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/43171 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat (10), und insbesondere auf einer Hauptfläche eines Halbleitersubstrats, welches folgende Schritte aufweist: Bilden einer ersten Hartmaskenschicht (n) auf dem Substrat (10); Bilden mindestens einer weiteren Hartmaskenschicht (n-1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n); Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) derart, dass ein Bereich der ersten Hartmaskenschicht (n) freigelegt wird; und Strukturieren der ersten Hartmaskenschicht (n) unter Verwendung der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) als Maske derart, dass ein Bereich des Substrats (10) freigelegt wird. Es können mehrere weitere Hartmaskenschichten (n-1, n-2, ..., 1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n) gebildet werden, welche sukzessive unter Verwendung mindestens einer darüberliegenden Hartmaskenschicht als Maske strukturiert werden, bis der Bereich des Substrats (10) freigelegt ist.

Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske

## BESCHREIBUNG

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat, und insbesondere ein Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einer Hauptfläche eines Halbleitersubstrats.
- 10 Obwohl prinzipiell auf die verschiedensten Substratstrukturen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung und die ihr zugrundeliegende Problematik anhand eines Halbleitersubstrats beschrieben.
- 15 Bisher wurde zur Ätzung von Halbleitersubstraten lediglich eine Hartmaskenschicht verwendet, die direkt unter Zuhilfenahme einer photolithografisch strukturierten Lackmaske geöffnet wurde.
- 20 Ätzungen von Halbleitersubstraten mit extrem hohem Aspektverhältnis bzw. die Strukturierung schwer ätzbarer Materialien sind mit dieser Maske nicht mehr möglich, wenn für sie eine Hartmaskendicke erforderlich ist, die in einem einzigen Ätzschritt mit einer Photolackmaske gar nicht mehr geöffnet werden kann.
- 25

Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske größerer Dicke bzw. erhöhter Ätzresistenz anzugeben, welches Ätzungen realisierbar macht, die durch Anwendung einer einfachen üblichen Hartmaske nicht mehr möglich sind.

30

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren weist gegenüber den bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß Ätzungen von Halbleiter-  
5 substraten mit extrem hohem Aspektverhältnis bzw. die Strukturierung schwer ätzbarer Materialien mit dieser Hartmaske gut realisierbar sind.

10 Bei weiter abnehmender Photolackdicke (bei kleinerer Strukturgröße) dürfte das beschriebene Verfahren ebenso an Attraktivität gewinnen.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Idee besteht  
15 darin, daß ein n-lagiges Hartmaskenschichtsystem verwendet wird, wobei n eine natürlich Zahl größer gleich 2 ist, um die Zielschicht bzw. das Zielschichtpaket n+1 durch einen Ätzprozeß, z.B. einen Trockenätzprozeß, strukturieren zu können. Die Zielschicht ist dabei als Bestandteil des Substrats definiert  
20 oder kann auch dieses selbst sein.

Eine geeignete Hintereinanderschaltung von Hartmasken wird dem Anwendungsfall entsprechend zu konzipieren sein.

25 In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in Anspruch 1 angegebenen Verfahrens.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren  
30 benachbarter Hartmaskenschichten mittels zweier unterschiedlicher Ätzprozesse durchgeführt, welche es ermöglichen, die weitere Hartmaskenschicht mit bestimmter Selektivität gegenüber

der ersten Hartmaskenschicht zu ätzen sowie die erste Hartmaskenschicht mit hoher Selektivität gegenüber der weiteren Hartmaskenschicht zu ätzen.

- 5 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht mit einer Photolackmaske durchgeführt.

- 10 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Photolackmaske nach dem Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht entfernt.

- 15 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung verbleibt nach dem Freilegen des Substrats ein Rest der weiteren Hartmaskenschicht auf der ersten Hartmaskenschicht.

- 20 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden mehrere weitere Hartmaskenschichten auf der ersten Hartmaskenschicht gebildet, welche sukzessive unter Verwendung mindestens einer darüberliegenden Hartmaskenschicht als Maske strukturiert werden, bis der Bereich des Substrats freigelegt ist.

- 25 Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren benachbarter Hartmaskenschichten mittels zweier unterschiedlicher Ätzprozesse durchgeführt, welche es ermöglichen, die obere Hartmaskenschicht mit bestimmter Selektivität gegenüber der unteren Hartmaskenschicht zu ätzen sowie die untere Hartmaskenschicht mit hoher Selektivität (d.h. bevorzugt) gegenüber der oberen Hartmaskenschicht zu ätzen.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht mit einer Photolackmaske durchgeführt.

- 5    Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird die Photolackmaske nach dem Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht entfernt.

- 10   Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung verbleibt nach dem Freilegen des Substrats ein Rest der zweituntersten Hartmaskenschicht auf der untersten Hartmaskenschicht.

- 15   Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden alternierend Hartmaskenschichten zweier verschiedener Typen gebildet.

- 20   Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden mit mindestens einer Hartmaskenschichten gleichzeitig mindestens zwei darunter liegende Hartmaskenschichten geöffnet.

- 25   Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die beiden Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden Paaren ausgewählt: Si - SiO<sub>2</sub>; Si - SiN; SiO<sub>2</sub> - SiN; SiO<sub>2</sub> - Al.

- 30   Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden die Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden ausgewählt:  
Silizium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; Siliziumoxide, insbesondere SiO, SiO<sub>2</sub>; Borsilikatglas BSG, Bor-Phosphor-Silikatglas BPSG; Flowable Oxide FOX, ...); SiN; SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>; W; WSi; Ti; TiN;  
TiSi; Al; Cu; Ta; TaN; Polyimide; Photolacke; Metalloxide, insbesondere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.



Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird zwischen zwei benachbarten Hartmaskenschichten und/oder zwischen dem Substrat und der ersten Hartmaskenschicht eine dünne Barriere-  
5 maskenschicht gebildet (typischerweise  $\leq 10\%$  der Dicke der Hart-

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das erfindungsgemäße Verfahren bei einer Kontaktlochätzung oder bei einer Deep Trench Ätzung oder bei einer Ätzung nicht-volatil-  
10 Materialien, wie z.B. Pt, Ir o.ä. angewendet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung sind bei dieser Anwendung die Hartmaskenschichten folgendermaßen aufgebaut:  
Oxid-X-Oxid-X..., insbesondere Oxid-X oder Oxid-X-Oxid, wobei  
15 X = Silizium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; SiN; Al;  $Al_2O_3$ ; oder  
Oxid-X wobei X = A-B = Si -  $SiO_2$ ; Si - SiN; Si -  $Al_2O_3$ ; SiN -  
SiO<sub>2</sub>; Al -  $SiO_2$ ; Al - SiN; Al - SiON (Erstgenanntes jeweils zu-  
unterst).

20 Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

25

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Halbleitersubstrates mit einem Stapel aus n Hartmaskenschichten zur Illustration einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

30

Fig. 2a-e eine Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen

Verfahrens mit einem Stapel aus 2 Hartmaskenschichten.

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder  
5 funktionsgleiche Elemente.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiter-  
substrates mit einem Stapel aus  $n$  Hartmaskenschichten mit nach  
unten zunehmender Dicke bzw. Ätzresistenz zur Illustration  
10 einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 bezeichnet Bezugszeichen 10 ein Halbleitersubstrat  
mit einer durch die Hartmaske zu ätzenden Schicht  $n+1$ , welche  
per definitionem zum Substrat 10 gehört oder das Substrat  
15 selbst ist. Darüber sind Hartmaskenschichten  $n$ ,  $n-1$ , ..., 3,  
2, 1 mit jeweiliger Dicke  $d_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) sowie eine bereits  
strukturierte Photolackschicht 0 der Dicke  $d_0$  vorgesehen, wobei  
letztere auf die oberste Hartmaskenschicht 1 der Dicke  $d_1$  auf-  
gebracht ist.

20

Mit Hilfe eines geeigneten Ätzverfahrens wird die Hartmasken-  
schicht 1 geöffnet und dann der Photolack vorzugsweise, aber  
nicht zwingend, entfernt. Die Hartmaskenschicht 1 dient dann  
als Hartmaske bei der Ätzung der Hartmaskenschicht 2, wobei  
25 vorzugsweise, aber nicht zwingend, ein Rest der Hartmasken-  
schicht 1 auf der Hartmaskenschicht 2 verbleibt. Dann wird die  
Hartmaskenschicht 3 mit Hilfe der Hartmaskenschicht 2 strukturiert und so weiter und so fort.

30 Bei Wahl geeigneter Hartmaskenmaterialien und -dicken und ent-  
sprechender Ätzprozesse mit geeigneten Ätzselektivitäten kann  
mit Hilfe einer dünnen Photolackmaske und einer relativ dünnen

Hartmaskenschicht 1 eine beliebig dicke bzw. beliebig ätzresistente Hartmaskenschicht  $n$  erzeugt werden, die dann letztendlich zusammen mit einer eventuell vorhandenen, nicht ganz aufgebrauchten Hartmaskenschicht  $n-1$  als Hartmaske zur Ätzung der Zielschicht  $n+1$  bzw. des Substrats dienen kann.

Zur quantitativen Betrachtung werden folgende Symbole verwendet:

- 10  $d_i$  Ausgangsdicke der Schicht  $i$
- $ER_{p,i}$  Ätzrate vom Material der Schicht  $i$  bei der Ätzung der Schicht  $p$  (Ätzprozess  $p$ )
- 15  $S_{p,i,j} = ER_{p,i} / ER_{p,j}$  Selektivität von Schicht  $i$  zu Schicht  $j$  während Ätzung der Maskenschicht  $p$
- $f_{ue,i}$  Anteil der Schicht  $i$ , der nach Öffnung der Schicht  $i+1$  als Rest der Schicht  $i$  verbleibt
- 20  $f_{oe,i}$  auf Schichtdicke  $d_i$  bezogener Überätzbeitrag während Ätzung der Schicht  $i$
- 25 Für gegebene Ätzraten  $ER_{p,i}$  und Selektivitäten  $S_{p,i,j}$  sowie für bestimmte geforderte Überätzfaktoren  $f_{oe,i}$  und Restschichtdickenfaktoren  $f_{ue,i}$  lassen sich folgende Formeln zwischen den Schichtdicken der Hartmaskenfilme herleiten. Mit Hilfe dieser Formeln lassen sich iterativ bei gegebenen Anfangsdicken  $d_0, d_1$  die erzielbaren Maskendicken  $d_i$  und damit  $d_n$  sowie die erreichbare Ätztiefe  $d_{n+1}$  in der Zielschicht  $n+1$  errechnen. Bei
- 30 gegebenen Dicken  $d_n$  und/oder  $d_{n+1}$  lassen sich die erforderli-

chen Ausgangsdicken der obersten Hartmaske  $d_1$  bzw. der Photolackmaske  $d_0$  ermitteln.

$$d_{i+1} = S_{i+1, i+1 i} F_i d_i + S_{i+1, i+1 i-1} G_{i-1} d_{i-1} \quad (1)$$

5

mit

$$F_i = \frac{[1 - f_{ue,i} + (S_{i, i+1 i} / S_{i+1, i+1 i}) f_{oe,i}]}{[1 + f_{oe,i+1}]}$$

10

$$G_{i-1} = f_{ue,i-1} / [1 + f_{oe,i+1}]$$

Werden die Überätzfaktoren  $f_{oe,i}$  und Restschichtdickenfaktoren  $f_{ue,i}$  vernachlässigt, so ergibt sich der einfache Ausdruck für die Ätztiefe  $d_{n+1}$  der Zielschicht:

15

$$d_{n+1} = S_{n+1, n+1 n} S_{n, n n-1} S_{n-1, n-1 n-2} \dots S_{2, 21} S_{1, 10} d_0 \quad (2)$$

20 Als Maskenmaterialien kommen besonders alle gängigen, in der Halbleiterindustrie Verwendung findende Materialien wie Si( $\alpha$ -Si, Poly-Si), Siliziumoxide (SiO, SiO<sub>2</sub>, BSG, BPSG, FOX, ...), SiN, SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>, W, WSi, Ti, TiN, TiSi, Al, Cu, Ta, TaN, Polyimide und Photolacke, aber auch Oxide, wie etwa Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> usw., in Frage.

25

Fig. 2a-e zeigen eine Darstellung der wesentlichen Verfahrensschritte einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Stapel aus 2 Hartmaskenschichten.

30

Falls beispielsweise die Reste der Photolackmaske nach Ätzung der Schicht 1 entfernt werden, ergibt sich aus obiger Formel

(1) im Fall einer solchen zweilagigen Hartmaske bei gegebenem  $d_2$  die erforderliche Schichtdicke  $d_1$ :

$$d_1 = \left[ d_2 / S_{2, 21} \right] \times \left[ 1 + f_{oe, 2} \right] / \left[ 1 - f_{ue, 1} + \right. \\ \left. (S_{1, 21} / S_{2, 21}) f_{oe, 1} \right]$$

Gemäß Fig. 2a ist zunächst ein Stapel der Hartmaskenschichten 1, 2 und der lithographisch strukturierten Photolackschicht 0 auf dem Substrat 10 mit der zu ätzenden Schicht 3 vorgesehen, wobei die Schicht 3 als zum Substrat 10 gehörig definiert sein kann bzw. das Substrat selbst verkörpern kann.

Dann erfolgt gemäß Fig. 2b ein Strukturieren der Photolackschicht 0 zu einer Maske, mittels derer wiederum die Hartmaskenschicht 1 derart strukturiert wird, daß ein Bereich der unteren Hartmaskenschicht 2 freigelegt wird, wobei letztere, wie in Fig. 2b angedeutet, nur leicht angeätzt wird.

Es folgt gemäß Fig. 2c ein Entfernen der Photolackmaske 0.

In einem weiteren Schritt gemäß Fig. 2d findet ein Strukturieren der unteren Hartmaskenschicht 2 unter Verwendung der oberen Hartmaskenschicht 1 als Maske derart statt, daß ein Bereich des Substrats 10 freigelegt wird.

Dabei wird das Strukturieren der unteren Hartmaskenschicht 2 mittels eines Ätzprozesse durchgeführt, welcher eine hohe Selektivität gegenüber der oberen Hartmaskenschicht 1 aufweist.

Schließlich wird das Substrat 10 unter Verwendung der Hartmaskenschicht 2 zusammen mit der vorhandenen, nur teilweise auf-

gebrauchten bzw. weggeätzten Hartmaskenschicht 1 als Hartmaske geätzt, um so beispielsweise einen Deep Trench zu bilden.

Während der Ätzung des Substrats 10 fungiert der Rest der Hartmaskenschicht 1 je nach Wahl des Maskenmaterials 1 und/oder in Abhängigkeit vom Substratätzprozeß nur während eines Teils der Substratätzung als Hartmaske (z.B. beim Durchstoßen einer Zielschicht 3, bevor der Rest des Substrats unter Verwendung der Hartmaskenschicht 2 als Hartmaske geätzt wird), allgemein nur kurzzeitig als Hartmaske (bis der Rest der Hartmaskenschicht 1 aufgebraucht ist und die Hartmaskenschicht 2 die Funktion der Hartmaske für den wesentlichen Teil der Substratätzung übernimmt) oder gar nicht explizit als Hartmaske (wenn der Substratätzprozeß keine erhöhte Selektivität gegenüber dem Hartmaskenmaterial 1 aufweist und einzig Hartmaskenschicht 2 als Hartmaske dienen soll).

Im folgenden sollen exemplarisch noch ein paar weitere Ausführungsformen erwähnt werden.

20

Besonders zweckmäßig ist die abwechselnde Abscheidung zweier komplementärer Materialien X und Y zu einem Schichtpaket mit der Abfolge ...XYXYXY.. (mindestens XY gemäß Fig. 2). Für X und Y existieren mindestens zwei Ätzprozesse, die es ermöglichen, sowohl die Schicht X selektiv zur Schicht Y als auch die Schicht Y selektiv zur Schicht X zu ätzen. Vorstellbar sind z.B. die Paarungen Siliziumoxid-SiN (wobei SiO exemplarisch für verschiedene Siliziumoxide steht: Es wäre also auch BSG-SiN denkbar), Silizium-SiO<sub>2</sub> und Silizium-SiN, wobei Silizium hier für  $\alpha$ -Si und poly-Si steht. Man hätte dann eine Mehrschichthartmaske der Form SiN-SiO<sub>2</sub>-SiN-... (oder SiO<sub>2</sub>-SiN-...) oder der Form ...-Si-SiO<sub>2</sub>-... oder der Form ...-Si-SiN-... .

Durch abwechselnde Anwendung selektiver Ätzungen lassen sich mit Hilfe dünner Photolackmasken relativ dicke Hartmasken strukturieren und damit in der Zielschicht bzw. im Substrat hohe Aspektverhältnisse realisieren.

5

Anwendungsmäßig gedacht wird z.B. an die Deep-Trench-Ätzung bei der DRAM-Herstellung. Bisher wird hier eine einfache Oxidmaske verwendet, wobei zwischen Oxidmaske und Substrat häufig noch ein Pad-Nitrid und eine oxidierte Si-Oberfläche

10

liegen.

Hier liesse sich durch eine Hartmaskenkaskade bestehend aus mindestens 2 Hartmaskenschichten XY eine Erhöhung der Ätztiefe im Silizium und damit eine Erhöhung der Kondensator-Kapazität erzielen. Man könnte also über der schon vorhandenen Oxidmaske z.B. noch eine SiN- oder Si- aber etwa auch eine Al oder  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Maskenschicht plazieren, die es ermöglichen würde, die für das Erreichen hoher Trench-Aspektverhältnisse nötige dicke Oxidmaske zu öffnen.

15

20

Ebenfalls attraktiv wäre eine Mehrschichthartmaske auch für die Strukturierung schwer ätzbarer Materialien wie z.B. Pt oder Ir, wie sie fuer die Elektroden eines Stacked Capacitor bzw. Stapelkondensators benötigt werden. Bei einem gegenwärtig intensiv untersuchten Pt-Ätzprozess beträgt die Selektivität Pt: $\text{SiO}_2$  etwa 1:3. Um nur 250 nm Pt zu ätzen sind somit 750 nm  $\text{SiO}_2$  notwendig. Es ist abzusehen, dass bei 100 nm Minimalstrukturgrösse Pt-Elektrodenhöhen von 400-700 nm benötigt werden. Es wären dann  $\text{SiO}_2$ -Hartmaskenhöhen zwischen 1200 nm und 2100 nm

25

30

notwendig. Die Verwendung der oben beschriebenen Hartmasken-Kaskade kann auch hier Abhilfe schaffen. Eventuell wären noch eine weitere ARC-Schicht (ARC steht für Anti Reflection Coa-

ting = Antireflexionsbeschichtung) zwischen der Photolackmaske und der obersten Hartmaskenschicht und/oder eine zusätzliche Barrierenschicht (z.B. TiN, TaSiN, usw.) zwischen Pt und der untersten Hartmaskenschicht erforderlich.

5

In gewissen Fällen mag es auch notwendig sein, zusätzliche dünne Barrierenschichten zwischen die Hartmaskenschichten X und Y zu plazieren. Als Beispiel sei die Kombination Al-SiO<sub>2</sub> genannt. Al läßt sich z.B. in chlorhaltigen Plasmen hervorragend 10 ätzen, während es sich in fluorhaltigen Plasmen nur mit geringer Rate abtragen läßt. Bei SiO<sub>2</sub> ist es genau umgekehrt. Hartmasken-Kaskaden aus ...Al-SiO<sub>2</sub>-Al-SiO<sub>2</sub>... sind somit möglich. Allerdings kann es sinnvoll sein, dünne TiN- und/oder Ti-Schichten zwischen SiO<sub>2</sub> und Al abzuscheiden.

15

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Art und Weise modifizierbar.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Herstellung einer Hartmaske auf einem Substrat (10), und insbesondere auf einer Hauptfläche eines Halbleitersubstrats, welches folgende Schritte aufweist:
- 5     a) Bilden einer ersten Hartmaskenschicht (n) auf dem Substrat (10);
- 10    b) Bilden mindestens einer weiteren Hartmaskenschicht (n-1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n);
- c) Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) derart, daß ein Bereich der ersten Hartmaskenschicht (n) freigelegt
- 15    wird; und
- d) Strukturieren der ersten Hartmaskenschicht (n) unter Verwendung der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) als Maske derart, daß ein Bereich des Substrats (10) freigelegt wird.
- 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren benachbarter Hartmaskenschichten (n, n-1) mittels zweier unterschiedlicher Ätzprozesse durchgeführt wird, welche es ermöglichen, die weitere Hartmaskenschicht (n-1) mit
- 25    bestimmter Selektivität gegenüber der ersten Hartmaskenschicht (n) zu ätzen sowie die erste Hartmaskenschicht (n) mit hoher Selektivität gegenüber der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) zu ätzen.
- 30    3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) mit einer Photolackmaske (0) durchgeführt wird, wobei optionell

zwischen der Photolackmaske (0) und der Hartmaskenschicht (n-1) eine dünne Antireflexionsschicht (ARC) vorgesehen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die  
5 Photolackmaske (0) nach dem Strukturieren der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) entfernt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Freilegen des Substrats (10) ein  
10 Rest der weiteren Hartmaskenschicht (n-1) auf der ersten Hartmaskenschicht (n) verbleibt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere weitere Hartmaskenschichten (n-1, n-2, ..., 1) auf der  
15 ersten Hartmaskenschicht (n) gebildet werden, welche sukzessive unter Verwendung mindestens einer darüberliegenden Hartmaskenschicht als Maske strukturiert werden, bis der Bereich des Substrats (10) freigelegt ist.

20 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Strukturieren benachbarter Hartmaskenschichten (i, i-1) mittels zweier unterschiedlicher Ätzprozesse durchgeführt wird, welche es ermöglichen, die obere Hartmaskenschicht (i-1) mit bestimmter Selektivität gegenüber der unteren Hartmasken-  
25 schicht (i) zu ätzen sowie die untere Hartmaskenschicht (i) mit hoher Selektivität gegenüber der oberen Hartmaskenschicht (i-1) zu ätzen.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet,  
30 daß das Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht (1) mit einer Photolackmaske (0) durchgeführt wird, wobei optionell zwischen der Photolackmaske (0) und der obersten Hartmasken-

schicht (1) eine dünne Antireflexionsschicht (ARC) vorgesehen ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die  
5 Photolackmaske (0) nach dem Strukturieren der obersten Hartmaskenschicht (1) entfernt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Freilegen des Substrats (10) ein  
10 Rest der zweituntersten Hartmaskenschicht (n-1) auf der untersten Hartmaskenschicht (n) verbleibt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß alternierend Hartmaskenschichten (i, i-1)  
15 zweier verschiedener Typen gebildet werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß mit mindestens einer Hartmaskenschicht (i-2)  
gleichzeitig mindestens zwei darunter liegende Hartmasken-  
20 schichten (i-1, i) geöffnet werden.

13. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden Paaren ausgewählt sind: Si - SiO<sub>2</sub>; Si - SiN; SiO<sub>2</sub> - SiN; SiO<sub>2</sub> -  
25 Al.

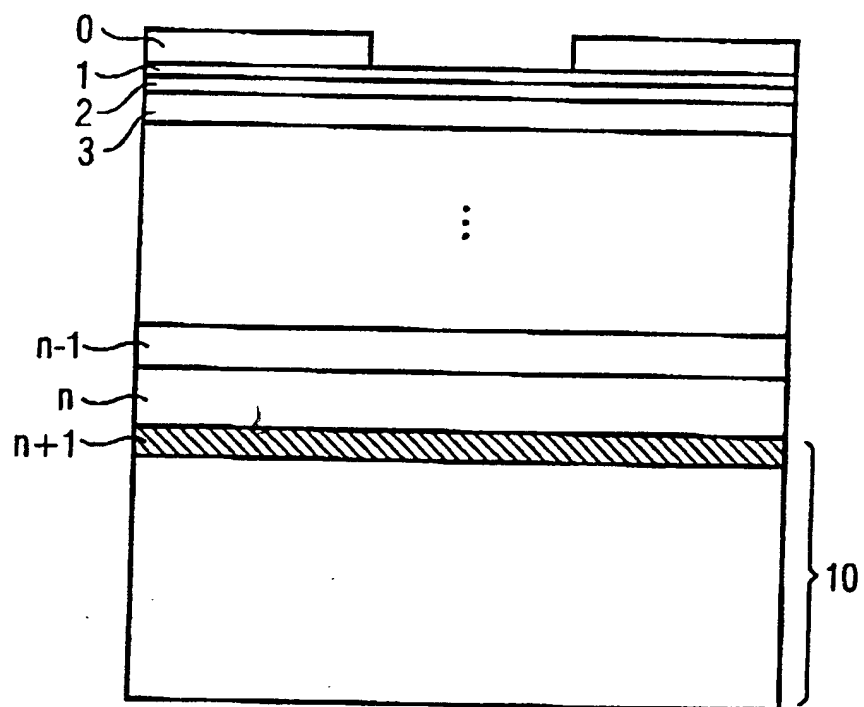
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Materialien der Hartmaskenschichten aus folgenden ausgewählt sind: Silizium, insbesondere  $\alpha$ -Si,  
30 Poly-Si; Siliziumoxide, insbesondere SiO, SiO<sub>2</sub>; Borsilikatglas BSG, Bor-Phosphor-Silikatglas BPSG; Flowable Oxide FOX, TEOS,

SOG, ...; SiN; SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>; W; WSi; Ti; TiN; TiSi; Al; Cu; Ta; TaN; Polyimide; Photolacke; Metalloxide, insbesondere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
5 gekennzeichnet, daß zwischen zwei benachbarten Hartmasken-  
schichten und/oder zwischen dem Substrat und der ersten Hart-  
maskenschicht eine dünne Barrierenschicht gebildet wird.
16. Anwendung der nach dem Verfahren nach mindestens einem der  
10 vorhergehenden Ansprüche hergestellten Hartmaske zur Ätzung  
von einer Zielschicht, Mehrfachzielschichten oder einem Sub-  
strat, insbesondere bestehend aus Si, SiO<sub>2</sub>, SiN.
17. Anwendung der nach dem Verfahren nach mindestens einem der  
15 Ansprüche 1 bis 15 hergestellten Hartmaske zur Kontaktlochät-  
zung oder bei einer Deep Trench Ätzung oder bei einer Ätzung  
nicht-volatiler Materialien, wie z.B. Pt, Ir o.ä..
18. Anwendung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß  
20 die Hartmaskenschichten folgendermaßen aufgebaut sind: Oxid-X-  
Oxid-X..., insbesondere Oxid-X oder Oxid-X-Oxid, wobei X = Si-  
lizium, insbesondere  $\alpha$ -Si, Poly-Si; SiN; Al; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; oder Oxid-X  
wobei X = A-B = Si - SiO<sub>2</sub>; Si - SiN; Si - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; SiN - SiO<sub>2</sub>; Al  
- SiO<sub>2</sub>; Al - SiN; Al - SiON (Erstgenanntes jeweils zuunterst),  
25 wobei Oxid bzw. SiO<sub>2</sub> auch für BSG, BPSG, TEOS, FOX, SOG u.ä.  
stehen.
19. Anwendung der nach dem Verfahren nach mindestens einem  
der Ansprüche 1 bis 15 hergestellten Hartmaske zur Strukturie-  
30 rung der für einen Stapelkondensator notwendigen Elektroden-  
struktur im Fall einer Ätzung mit hohem Aspektverhältnis in  
Polysilizium und/oder SiO<sub>2</sub>.

1/3

FIG 1



2/3

FIG 2A

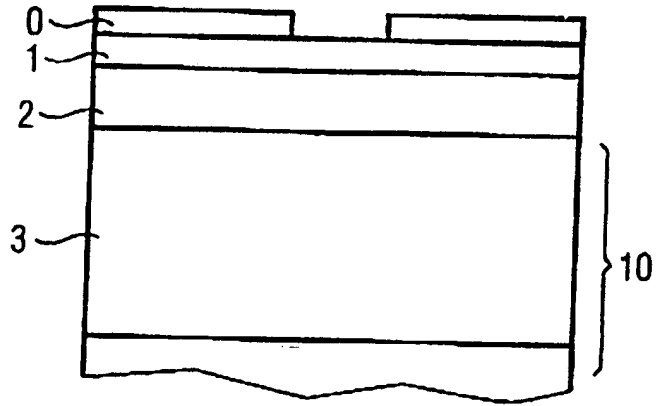


FIG 2B

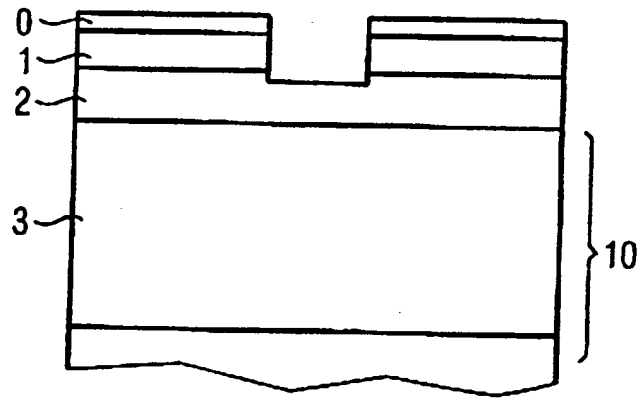
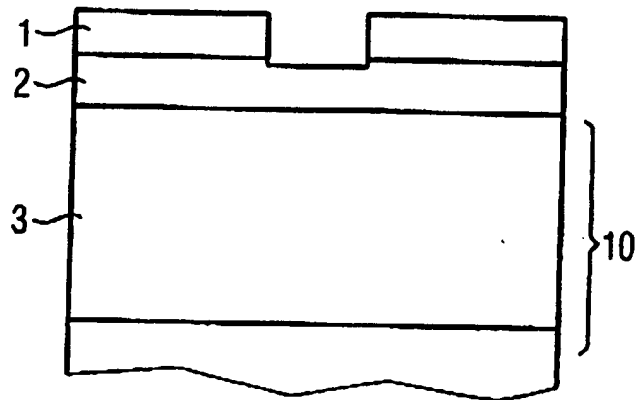


FIG 2C



3/3

FIG 2D

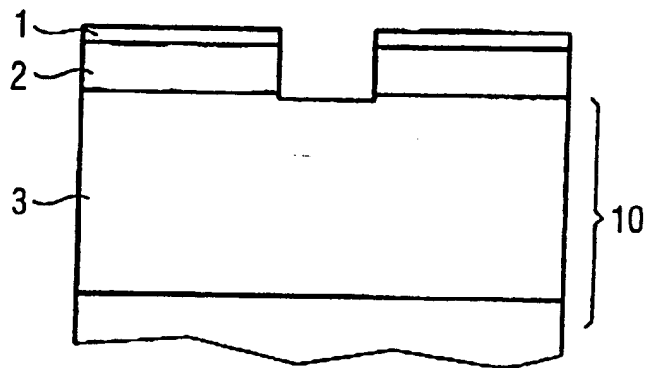
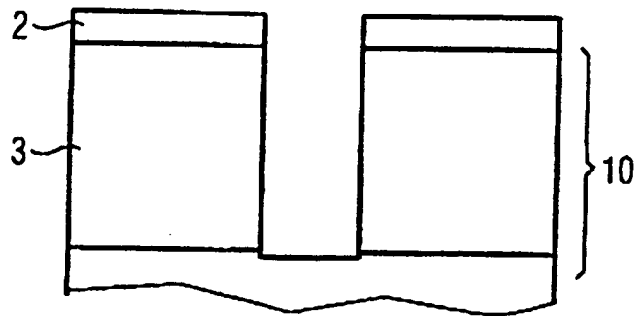


FIG 2E



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter. Appl. No.

PCT/DE 00/04188

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H01L21/033 H01L21/308

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 298 790 A (HARMON DAVID L ET AL) 29 March 1994 (1994-03-29)	1-6, 8-10,12, 14,16,17 7
A	the whole document	
X	EP 0 865 079 A (APPLIED MATERIALS INC) 16 September 1998 (1998-09-16)	1-5,14, 17,19 7
A	page 9-12; figures 2,6	
X	US 4 746 630 A (MOLL JOHN L ET AL) 24 May 1988 (1988-05-24)	1,3,5,6, 8,10-14, 16-18
	the whole document	
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 April 2001

Date of mailing of the international search report

12/04/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Szarowski, A



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/04188

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 542 (E-1290), 12 November 1992 (1992-11-12) & JP 04 206820 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28 July 1992 (1992-07-28) abstract	1,3,5,6, 8,10-14, 16-18
X	EP 0 932 187 A (SIEMENS AG ;TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP); IBM (US)) 28 July 1999 (1999-07-28) paragraphs '0018!-'0026!; figure 2	1,3,5,6, 8,10,12, 14,16,17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 140 (E-321), 14 June 1985 (1985-06-14) & JP 60 021540 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 2 February 1985 (1985-02-02) abstract	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/04188

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5298790 A	29-03-1994	EP 0450302 A JP 5082636 A US 5118384 A	09-10-1991 02-04-1993 02-06-1992
EP 0865079 A	16-09-1998	JP 10326770 A SG 71091 A US 6037264 A US 6087265 A	08-12-1998 21-03-2000 14-03-2000 11-07-2000
US 4746630 A	24-05-1988	NONE	
JP 04206820 A	28-07-1992	NONE	
EP 0932187 A	28-07-1999	US 6190955 B CN 1230018 A JP 11265982 A	20-02-2001 29-09-1999 28-09-1999
JP 60021540 A	02-02-1985	JP 1499332 C JP 63047335 B	29-05-1989 21-09-1988

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04188

## A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 H01L21/033 H01L21/308

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 298 790 A (HARMON DAVID L ET AL) 29. März 1994 (1994-03-29)	1-6, 8-10,12, 14,16,17
A	das ganze Dokument	7
X	EP 0 865 079 A (APPLIED MATERIALS INC) 16. September 1998 (1998-09-16)	1-5,14, 17,19
A	Seite 9-12; Abbildungen 2,6	7
X	US 4 746 630 A (MOLL JOHN L ET AL) 24. Mai 1988 (1988-05-24)	1,3,5,6, 8,10-14, 16-18
	das ganze Dokument	
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

6. April 2001

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/04/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Szarowski, A

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 542 (E-1290), 12. November 1992 (1992-11-12) & JP 04 206820 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28. Juli 1992 (1992-07-28) Zusammenfassung ----	1,3,5,6, 8,10-14, 16-18
X	EP 0 932 187 A (SIEMENS AG ;TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP); IBM (US)) 28. Juli 1999 (1999-07-28) Absätze '0018!-'0026!; Abbildung 2 ----	1,3,5,6, 8,10,12, 14,16,17
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 140 (E-321), 14. Juni 1985 (1985-06-14) & JP 60 021540 A (NIPPON DENSHIN DENWA KOSHA), 2. Februar 1985 (1985-02-02) Zusammenfassung -----	

# INTERNATIONALER RESEARCHBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/04188

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5298790	A	29-03-1994	EP	0450302 A	09-10-1991
			JP	5082636 A	02-04-1993
			US	5118384 A	02-06-1992
EP 0865079	A	16-09-1998	JP	10326770 A	08-12-1998
			SG	71091 A	21-03-2000
			US	6037264 A	14-03-2000
			US	6087265 A	11-07-2000
US 4746630	A	24-05-1988	KEINE		
JP 04206820	A	28-07-1992	KEINE		
EP 0932187	A	28-07-1999	US	6190955 B	20-02-2001
			CN	1230018 A	29-09-1999
			JP	11265982 A	28-09-1999
JP 60021540	A	02-02-1985	JP	1499332 C	29-05-1989
			JP	63047335 B	21-09-1988